

TRIZの考え方に基づく 地震の短期/直前予知の研究(2) 最終目標のビジョンを明確にして、研究・開発を進める

中川 徹 (大阪学院大学 名誉教授)

目次

1. はじめに： 背景と趣旨
2. 最終目標は地震予知注意報／警報の公的運用による減災
3. 地震予知の方法に対する要件 および 諸方法の状況と選択
4. 地震予知研究を推進するための5段階（提案）
5. 注目する 3 方法： 段階1の成果と段階2への課題
6. 地震予知研究の現段階の課題
7. まとめ

2022年の末以来、地震予知に明確な手掛かりが得られてきた。

GEONETデータを解析して地殻変動の異常変化を見る（神山の方法）
地中深くの直流電場の変動を観測する（筒井の方法）

私は、これらの方法を核にして、地震を短期/直前に予知するための、
技術システムを開発し、社会的／国家的体制で実用化することを、
構想し始めた。

TRIZの考え方（と実験科学の方法）を基盤にして、構想して行く。

最終的な目標（究極の理想解）のビジョンを明確にする。

そのビジョンを実現していくための方策を考える。

一つ一つの技術的方法に関して、創造的に問題解決を積み上げる。

諸方法の開発・実地適用・検証を繰り返し、システムに統合していく。

研究・開発・実用化を、活動主体を拡大しつつ、段階的に進める。

学界と社会の理解を得、支援・協力を得る努力を続ける。

1. はじめに： 背景と趣旨

日本の地震学は、永年の研究開発にも関わらず、阪神・淡路大震災
（1995年）と東日本大震災（2011年）の地震をまったく予想・予知でき
なかった。

この後、日本地震学会と政府は、「地震予知は現在の技術では不可能で
ある。予知研究ではなく、地震の観測を重視し、地震のメカニズムの基
礎研究と、地震の防災（減災）対策に努める」という方針を採っている。

国民は、「地震予知を可能にして、地震の（人的／社会的）被害をでき
る限り、減らしてほしい」と願っている。

日本地震予知学会はこの願いに答えるべく、2014年に設立した。

しかし、地震予知の研究はつい最近まで（日本でも世界でも）暗中模索
の状況にあった。

2. 最終目標は地震予知注意報／警報の公的運用による減災

2A. 最終目標は地震予知警報の公的発出： 役割（責任）の分担

私たち（国全体として）の最終目標は、

何らかの地震前兆現象を観測することで、
差し迫った（被害を起こす可能性のある規模の）地震を予知し、
適切な警報を、地震の発生前に、公的に人々に広く発表して、
地震の被害や死傷者を減らすように、
人々が行動を取れるようにすること である。

地震予知研究（とその研究者たち）の責任は、

被害をもたらす地震を事前に予知し、
国の機関に対して、その予知結果を報告し、
警告の発表を助言すること である。

一方、国の機関の責任は、

国民や社会に対して、警告を公的にかつ一般に広く発表し、
地震の被害や死傷者を軽減するための適切な行動をとるように、
促し、指示すること である。

2B 地震予知の公的発表のための基本的な心得

私たちは地震の被害がいかに甚大かを知っている。

地震予知の警告が、もし適切であれば、

被害の一部を軽減するのに大いに貢献するものと期待できる。

ただし、その警告に応じて行動を起こすことは、

国民と社会にとって重い負担となる。

そのため、地震予知の警告は、

予知された地震の地域・規模・時期の推定についても、

警告の発表の内容・表現・発表時期などについても、

すべての面で適切であることが必要である。

誤った警告、不適切な警告は、国民の信頼を損ね、

その後の警告の発出を困難にし、効果を減少させる。

起こり得る地震を予知する推定の確実性と、

国民と社会が被害を軽減する行動を取るのに必要な時間

とを考慮した、警報の発出体制が必要である。

地震予知の公的発表について、私は次の3段階を提案する。

2C. 地震予知の公的発表(注意報／警報)の3段階 (中川の提案)

3段階の注意報／警報を、公的機関から社会全体に広報し、注意／指示する。

	A. 地震予知 注意報	B. 地震予知 警報	C. 地震予知 緊急警報
発出の時期	予知地震の 1年～1月前	10日～半日前	2時間～10分前
前兆現象	p1 が観測され	p2 が観測され	p3 が観測され
地域、 規模、 時期	x1 地域 規模 y1 程度 今後 t1 頃	x2 地域 規模 y2 程度 今後 t2 頃	x3 地域 規模 y3 程度 今後 t3 頃
判断	可能性が高い	可能性が非常に高い	危険性が非常に高い
関係諸機関 に	事前注意の 態勢を整え	速やかに 防災態勢を整え	緊急に 防災態勢に移行
国民に	落ち着いて	身の周りの 防災／避難を準備し	速やかに防災／避難し、 身の安全を図る
今後の注意	地震予知警報に 注意(10日～半日 前に出す)	緊急警報(2時間～10 分前)に注意。 夜中のことも	地震発生時には緊急地震 速報が出される。

これらは現在の研究成果を反映している。特に (A)と(C)の発出時期。

2D. 地震予知注意報(A)の公式発表のひながた(私案)

これは、地震予知注意報 8 a9の公式発表であり、

本日、国の機関によって出されたものです。

現象P 1 が地震予知システムによって観測され、(国の専門家会議によって) 起こり得る地震の前兆現象であることが確認されました。

地震が起こりそうなのは、X1の地域(およびその周辺)で、
マグニチュードはY1程度(± 0.5)、
時期は今後T1(例: 3ヶ月先から1年先)と推定されています。

該当地域(X1地域とその周辺、またさらに広い範囲)の
関係当局(政府・自治体、防災関係機関、その他多数)は、
(地震防災ガイドラインで既に設定されていますように)
予防措置を講じてください(勧告)。

該当地域の市民の皆さんは、平静を保ち、
今後出される可能性のある地震予知警報に注意してください。

地震予知警報は、より明確な前兆現象を観測した後、
予知した地震の10日前から半日前までに、発表されます。

2E 地震予知の公式発表のために必要な体制と準備

発出は社会全体に大きな影響を与える。責任重大。

適切だと(負担大でも)寄与もっと大。不適切だと巨大な負担。

地震予知のしっかりした方法、技術システム、検証実績を作り上げて
おく必要がある。---> われわれ地震予知研究者の任務

個々の予知地震について、専門家会議(地震学会のリーダーが主体)で
科学的判断をする。---> 学界(地震学会)の正しい理解を得る必要

国会で論議された上で、公的制度として、方式と体制が作られる。
---> マスメディアなどを通じて、国民の広い理解を得ることが前提。

注意報／警報に対して、社会の諸組織や国民が適切に対処できる必要。
---> 社会全体の理解と賛同を得、さまざまな準備体制、行動指針、
減災・避難計画などが作られる必要あり。

地震予知の実用化は、研究実証・社会実装・改良を繰り返して進展する。
---> ビジョンを持ち、科学的&社会的視野で、粘り強く推進する必要。

3. 地震予知の方法に対する要件 および 諸方法の状況と選択

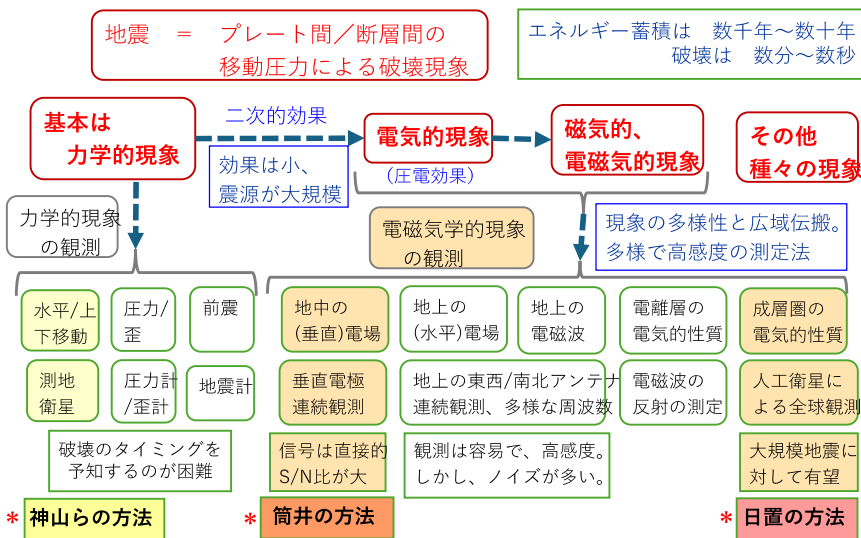
3A. 地震予知の方法に対する要件

前兆現象、測定／解析技術、予知推定の方法、信頼性などへの総合的な要件

(0) 根本要件：（各種の地震に対して）現象Xが地震と関係し、
地震によって引き起こされ、短時間の後に地震が発生すること、...
広範な観測・解析の後でないと、確認できない。

- (I) 基本要件： 明確に観測／測定でき、できるだけ高いS/N比である。
ノイズで隠れる時間帯が少ない。
- (II) 確認要件： 多くの地震について、複数サイトで同様に観測でき、
予知したように地震の発生がある。
- (III) 実用要件： 測定が自動的／安定的／連続的に行え、
地震がどこで、どの規模で、いつ起きるかを推定できる。
- (IV) 高度要件： 諸方法を統合し、種々のタイプの地震をも予知できる。
地震発生プロセスと関連づけできる。
- (V) 社会的要件： 地震予知注意報／警報のシステムを、
信頼できる（される）形で運用できる。

3B. 種々の「前兆現象」とその観測法: 選択のための観点・考察 *部分を追記



3C. 諸方法の現段階での評価の概要（見込み）（中川）

諸方法の実績と可能性を、基本要件と実用要件を主基準として評価する：

明確に観測／測定でき、できるだけ高いS/N比である。測定が自動的／安定的／連続的に行え、地震がどこで、どの規模で、いつ起きるかを推定できる。

神山らの方法： GEONETデータによる地殻移動・歪の観測

---> (A) 地震予知注意報（1年前～1月前）のために有望

筒井の方法： 地中深くの直流電場の連続観測

---> (C) 地震予知緊急警報（2時間前～10分前）のために有望

日置(ヘキ)の方法： GNSS 衛星データを利用した電離層の電子量の変動の観測

---> 世界の大地震（M>7）（だけ）の(C) 地震予知緊急警報 に使える

地上で、(水平)電場、電磁波、電離層の電気的性質などを観測する諸方法

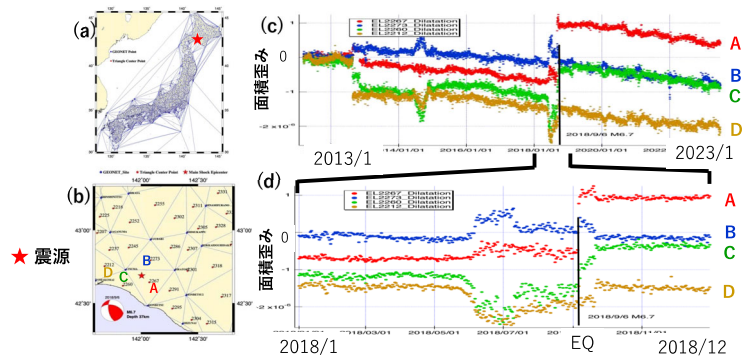
---> 多様な方法があり、観測は容易で高感度だが、ノイズが多い。
基本要件&実用要件を満たす方法はまだ知られていない

4. 地震予知研究を推進するための5段階（提案）

段階	活動主体	課題と活動	日本現状
(0) 模索/検討/準備	研究者個人	予知の目的を考え、対象とする現象、測定の方法と装置、ノイズの除去法、実現性などを検討し、準備する。	多様な試行
(1) 方法の開発/実現	一研究グループ	一方法を一観測サイトで開発/実現し、複数の地震に対し、地震の前に特徴ある現象が実測された(されてい)ことを示す。	筒井; 神山ら
(2) 方法の検証	複数研究グループのプロジェクト	同一(同様)の方法を、複数の観測サイトで並行実施し、一つの地震に対して同様の信号を得て、ノイズでないことを示す。多数の地震について検証し、(ある種の)地震の前兆現象を捉えていることを確認する。	予知学会主導プロジェクト(提案)
(3) 方法の大規模展開	科研費プロジェクト	この方法を全国規模に展開し、各地での多数の地震の前兆現象を観測する。その結果から、予知した地震が起こる地域/規模/時を(事前に)推定する方法を創り、どのタイミングでどのような地震予知情報が出せるかを検証する。また、この方法の特長と適用限界を確認する。	
(4) 予知の技術システムの確立	国家プロジェクト	複数の方法を統合して、多様なタイプの地震に対して、地震予知の注意報/警報/緊急警報を適切に発出できる技術システムを構築する。過去/現在の多数の地震に対して、この技術システムを(シミュレーションで)適用し、その信頼性を検証する。	
(5) 地震予知注意報/警報の公的運用	公的機関	地震予知の技術システムを常時運用し、被害地震を予知したときには、地震予知注意報/警報/緊急警報を適時公表し、国民および社会全体が地震被害を減少させる行動を取るよう、要請/指示する。	順調に行って約20年掛かる

5. 注目する 3 方法： 段階 1 の成果と段階 2 への課題

5A. 神山らの方法： GNSS衛星による測位データを用いた地殻の歪みの観測



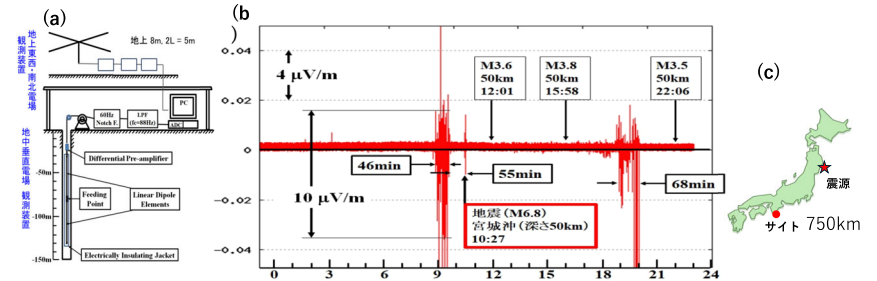
解析例： 2018年北海道胆振東部地震 (2018/9/6 M_j 6.5)。

主知見： ゆっくり減少していた周辺地域の三角形の面積が、地震の3ヶ月前から異常な変動を示した。

今後の課題： ▶ 過去の全国の被害地震を同様に解析し、異常変動の開始時期とパターンを調べる。
▶ その結果を用いて、予知地震の地域、規模、時期を予め推定する方法を創る。
▶ 地震の短期予知（数年～数ヶ月前）の方法として、創り上げる。

5B. 筒井の方法： 地中の直流電場の観測法： 地震の直前予知の方法

紀伊半島の南端の島のサイトで、深さ 150m の堅穴に長さ 100m のダイポール型直流電場センサーを設置し、信号を毎秒連続測定し、PC に記憶させた。



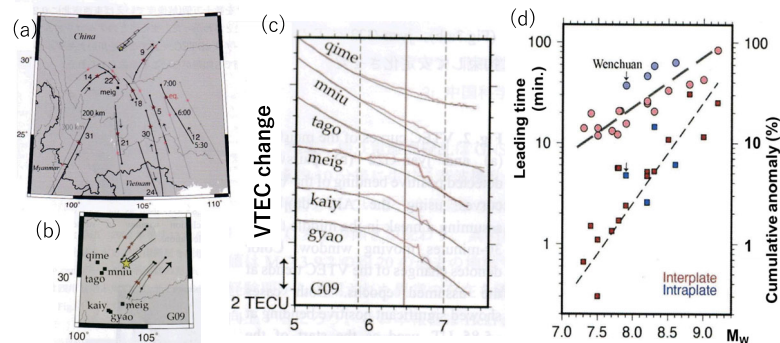
実測例： 2021 年 5 月 1 日の実測データ。宮城沖地震 (2021/5/1 10:27 M 6.8) と判明。

主知見： 地中の電場の観測で、低いノイズと高い感度 (= 高 S/N 比) を得、毎秒の連続測定をし、遠隔 (ほぼ全国レベル) の地震を明瞭に観測した。信号は地震の数時間前～数時間後の微細構造を示す。

今後の課題： ▶ 筒井の技術とノウハウを早急に継承し、第2,第3…の研究グループ/観測サイトを作る。
▶ 今後、多数の実測例を作り、信号のパターン (特に前兆の発生時期) を蓄積することが有用。
▶ 予知地震の地域/規模/時期を (予め) 推定する方法を創ることが大事。特に、通常の震源推定法 (複数サイトでの P 波の到達時間差を利用) が使えないので、何らかの追加の観測データ/装置が必要。
▶ 地震の直前予知 (数時間～数十分前) の方法として、創り上げる。

5C. 日置の方法： GNSS 衛星データを利用した電離層の電子量の変動の観測

多数周回している GNSS 衛星では、多数の地上局との間での直線上の全電子量 TEC を測定できる。電離層の高さを 200km と想定して、そこに全電子量があると考え、航路に沿った TEC の変動を解析する



解析例 (a) (b) (c) 中国雲南省の地震 (M_w 7.8)、(d) 既報約 20 例の結果のまとめ

主知見： 世界各地の大地震 (M 7～9) 20 例で、TEC 異常の大きさは 0.2～40%、先行時間 10～80 分。

今後の課題： ▶ 実用のためには、衛星データを常時観測、短時間で解析、自動判定する必要がある。
▶ 全世界の大規模地震の直前予知に適用できる点で、特有の用途があると考え。

6. 地震予知研究の現段階の課題

日本地震予知学会は、(創立後11年だが) 正会員70名に満たない弱小学会で、半数を超える「アマチュア」の人たちを含む。

各研究グループは小さいものが多く、多様な研究テーマ/予知方法に分散しており、摸索/試行の段階にあるものが多い。

地震学会の「地震予知不可能論」の影響で、主要な大学の研究室の参加が少なく、院生や若手研究者がほとんど参加していない。

その中で、**神山らの方法**と**筒井の方法**が、第1段階 (方法の開発・実現) の課題を達成し、**地震予知注意報(A)**と**緊急警報(C)**のための**明確な手掛かり**を得たことは、画期的なことである。

地震予知学会として、**第2段階 (複数研究グループによる研究プロジェクトを興し、方法の検証)**に進むべきである。

この2テーマを中心にして、予知学会の内部および外部から、いろいろな研究グループや (若手) 研究者を勧誘し、参加/協力を求めるべきである。

プロジェクトとして特に注力するべきは、筒井の実験的方法である。

現在は、筒井名誉教授が単独で、個人資金で研究を続けている。
観測サイトは人工ノイズが少ないことが重要で、辺鄙な場所になる。
深い竖穴を作り、観測装置を作製・設置するのに、ノウハウが必要。
連続観測データのPC記憶、センター転送、図表化などソフトが必要。
筒井の方法は、信号がクリアで、汎用的で遠隔の地震も検知でき、
地震の前後数時間の情報が豊富、地震予知緊急警報に最も有効。
ただし、複数サイトでの同時観測が震源地の推定に不可欠。

第2、第3、...の研究グループによる、継承&実働を急ぐ必要がある。

神山らの方法は、データ解析を中心とし、複数グループの協力が容易。

このために、(一般財団法人)地震予知研究基金の設立を提案している。

筒井の方法は、一つのサイトの設営に一千万円余を必要とし、
プロジェクト全体としては、数千万円規模の資金を必要とする。
私は、(一般社団法人)地震予知学会が、上記の基金を、双子組織として、
設立・運用することを、(学会内で)提案している。
それは、**第2段階（方法の検証）を担う活動主体**である。

7. まとめ

われわれの目的は、現在広く流布されている「地震予知不可能論」に抗して、地震の
短期／直前予知を科学的・技術的に可能にし、地震の被害の減少に寄与することである。

その最終目標は、明確な前兆現象を捉えて、地震発生の所・規模・時を事前に推定して、
国の機関が地震予知注意報／警報／緊急警報を公的に発出して、人々の避難と社会の
減災を警告／指示することを、支援することである。

この公的運用が効果を上げるには、多様な地震に対して地震予知が的確にでき、国の機関
が適切に対応し、社会と人々が迅速・的確に防災と避難の行動をとる必要がある。

地震予知の多様な方法が模索されてきたが、方法の原理的優位性と実測の基本的・実用的
な要件の充足度（見込み）から、優れたものを選択し、実証／発展させるべきである。

予知技術の発展の5段階を構想し、各段階で達成 すべき課題を明示し、活動の主体が
段階ごとに大きくなるべきことを示した。

現在、神山らの地殻変動の異常の解析法と筒井の地中電場の連続観測法とが、段階 1（
方法の開発と実証）を達成しており、**注意報(A)と緊急警報(C)に有望**である。
(地震の 10 日～半日前に出す) **警報(B)のための方法が見当たらず**、大きな課題。

いまや段階 2(複数研究グループによる、方法の検証)に進むべきであり、その活動主体
として、地震予知学会の分身「(一財) **日本地震予知研究基金**」の設立を提案する。

各段階に 5 年を要すると、最終目標(段階 5)の達成には、順調に進んで**約20 年掛かる**。
多くの人々の理解と協力を得て、学界や社会や公的機関の賛同を得て行く必要がある。